

いますぐに、 小水力発電を始めたい人のために

小水力発電導入マニュアル
Ver. 3.0

(独)科学技術振興機構
社会技術研究開発センター
「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域
地域分散電源等導入タスクフォース

基本姿勢

このマニュアルが想定する「地域に根ざした小水力利用」は、地域にある資源の賢い利用を、地域に対する深い理解をもつ地域に住む人が、気づき、発見し、考え、工夫し、自ら動いて、地域や関係者のためになるものとして実現することを前提とし、地域に関係しない方々による「小水力利用」は対象としていません。また、あまりに特定の地域の人だけの「小水力利用」も、基本姿勢としては、積極的にお勧めしません。

したがって、マニュアルが想定する「地域に根ざした小水力利用」には、地域の力、とくに地域に潜在する知恵や技能や技術の活用、多様な人材との連携が求められます。

このような基本姿勢に基づく「地域に根ざした小水力利用」の取り組みが、一つのツールとして豊かで、未来開拓型の地域社会形成に少しでも役立つことを、このマニュアル作成者たちは期待しています。

■たとえば、次のような地域の人材と連携できると、大助かりです。■

技術関係	水車製作	水車設計技術者	水理計算/水車の特性把握/耐久性把握(適正部品選択)
		鉄工技術者	鉄加工、溶接等
		木工技術者	木製水車製作(指導)
	電気関係	電気工事主任技術者	発電機選択、変圧、変換設計等
		家電系技術者	蓄電バリエーションと家庭内配電
		需要側コンサルティング	需要側ニーズソリューション
土木関係	水路等設計技術者	流量・落差調査, 水路・除塵施設設計	
	施工技術者	地元土建業者	
権利関係	水利権	土地改良組合/用水管理組織役員	
	地域合意形成	自治会その他地縁組織役員	
	土地借用等	行政職員	
水車に関心のある人, 導入計画者		地域のキーパーソン	
その他	普及	地域・水車の歴史を知っている人	適地選定に関する情報提供者

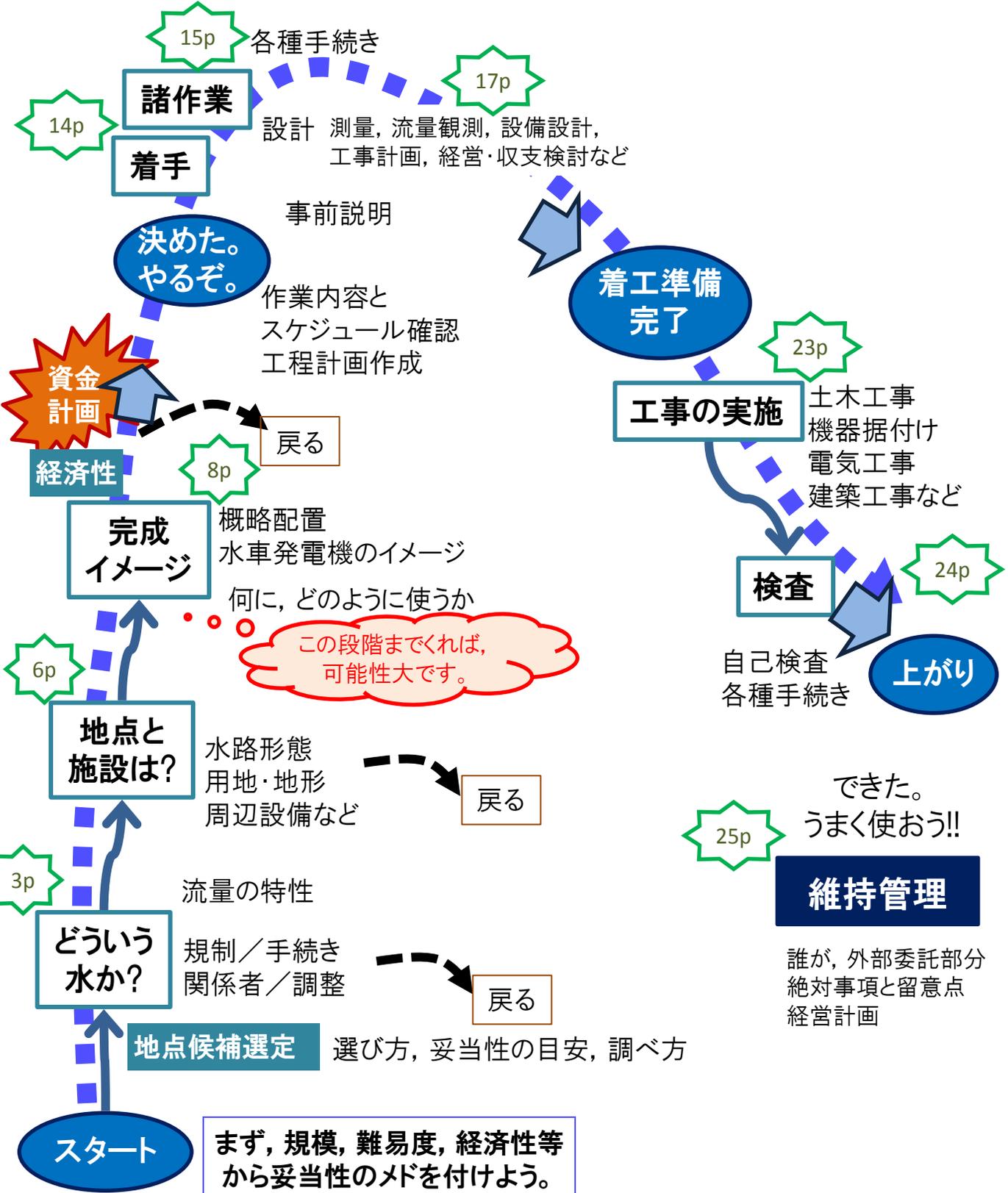
目 次

● このマニュアルの流れ	1
● はじめに [妥当性を規模, 需要, 経済性から考える。]	2
● どういう水か? [水利用の可能性と難易度, 水の種類と手続き, 水の利用と関係者]	3
● 候補地点選定の視点 [手続き・調整, 流量特性, 利用先, 施工性などからの妥当性検討]	4
● 地点と施設 [何を把握, 調査し, 整理しておく必要があるか?]	6
● 完成イメージ [発電所のかたちを想定します。]	8
● 利用と評価 [利用法のいろいろ, 経済評価と資金計画／着手判断の基準]	11
● 着手 [まず, 工程計画を立てましょう。]	14
● 主要手続き [主なものは河川法, 電気事業法, 他にも法規制等に基づく手続きが必要。]	15
● 調査・設計 [調査・基本計画, 実施設計, 機種を選定]	17
● 工事の実施 [業者選定, 発注を行って, 工事実施。]	23
● 検査・完成	24
● 維持管理 [運営体制, 維持管理の内容と方法, 点検と更新, 資金繰りの留意点]	25
■ 資料 [用語解説, 要検討法規制, 参考資料]	

マニュアル利用上の注意(対象, 使用上の注意, 制約・限界)

- このマニュアルは、独立電源(電力会社の電線と無関係の電源)としての利用および様々な基準や規制の範囲外となる一般用電気工作物(今のところ出力10kW以下の発電施設)としての設置および許可の要らない水の使用を薦める立場でまとめられています。
- このマニュアルは、あくまでも検討・作業項目, 手順および考え方等の枠組みに関する一つの目安を示したものであり, すべてを網羅していないだけでなく, 検討・選択・調整や作業の内容・決定・手続きなどを限定したり, 保証したりするものではありません。具体的な検討に関しては, できるだけ専門家に相談することを推奨します。
- このマニュアルで取り上げた機器やメーカーは, あくまでも参考です。設計, 設備・機器, システム構成などについては, 専門家に相談することを推奨します。

このマニュアルの流れ



そうだ、水力発電をやってみよう!!

はじめに

妥当性を規模、需要、経済性から考える。

■まず、電力の需給規模、難易度や経済性等から妥当か、無謀かを考えよう。

①発電規模と需要を知る。(想定需要に対して、発電量が過大、過少の場合は再考を!)

- 出力は、水の量(Q[m³])と高低差(H[m])で決まります。年間の発電量(kWh)は、出力に年稼働時間を乗じて求めます。概略の出力は(1)式で、おおよその年間発電量は(2)式で計算できます。

$$\text{出力(kW)} = Q \times H \times 9.8 (\text{重力加速度}) \times 0.7 (\text{総合効率}) \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{【例】流量50ℓ/S, 落差10mの場合: } 0.05 \text{ m}^3 \times 10 \text{ [m]} \times 9.8 \times 0.7 = 3.4 \text{ [kW]}$$

$$\text{年間発電量(kWh/年)} = \text{出力(kW)} \times 8,000 (\text{稼働11ヶ月}) \quad \text{----- (2)}$$

- 需要は、利用対象の家電・バッテリーなどを想定して見積もります。一般家庭の年間消費電力量は、3,000～5,000kWhです。ただし、一時的に3～5kWhの需要が発生します。

②経済性のメドを付ける。(20年回収, kW当たり工事費180万円/kW程度が限度か?)

- 総工事費(初期投資)の回収年数で、おおよその経済性を検討します。回収年数20年までは何とか許容できますが、それ以上の場合には特別な理由がない限りお薦めできません。
- 次のような目測的な概々算が、メドを付けるために使えます。
 - ・kW単価(I): 総工事費を①で求めた出力で割って求めます。
 - ・kW維持管理費(M): kW単価(I)の3%を年間費用として求めます。
 - ・「I+M×y」が、年間kW便益(B)(=年間発電時間×20円/kWh)のy年分(B×y)以下になる「y」を求めます。y=20年以下であれば、とりあえずOKとします。

■取り組む前に確認しておきましょう。(スタート前チェックリスト)

- 対象とする場所、あるいは水路を選定して、事業の妥当性を確認しましたか。
- 目的は明確ですか。(目的としては、①電気代節約、②クリーン電力使用、③環境学習、④地域おこし・PR、⑤省エネ法適用等が考えられます。)
- 実施主体、責任者は決まっていますか。
- 実施体制・役割分担は決まっていますか。
- 関係者のリストアップと必要となる調整する内容を把握しましたか。

取り組みの準備・確認は済みましたか?

どういう水か？

水利用の可能性と難易度， 水の種類と手続き，水の利用と関係者

■利用しやすい水かを確認します。

①許可が要らない，②既に利用されている水を選ぶことを薦めます。

①許可の要らない水が絶対得策です。

許可が要らない水とは？(水利権をとる必要ないこと。)

★許可が要らない水の例

- ・準用河川，普通河川(巻末の用語解説参照)から取水し，市町村が水力発電を行う場合
- ・湧水
- ・すべての目的使用が終了し，河川流入前の水(全農地通過後の農業用排水，温泉の廃湯等)
- ・浄水後の上水・工業用水
- ・ビル循環水／下水処理水

許可が要らないことは、最寄の河川事務所で早めに確認しましょう。

②許認可手続きが簡単な水もお薦めです。

- 普通河川の水を対象とすれば，手続きは簡単です(市町村への土地占有許可のみ)。
- 農業用水，上水，工業用水などとして，すでに利用されている水を使う(従属利用)。

「こんな水がお薦め」例

- ◆ 敷地内の湧水で発電し，敷地内で利用。
- ◆ 普通河川から取水し，普通河川に戻して発電。
- ◆ 準用河川で，自治体等が事業者となって発電。
- ◆ 農業用水路の末端で発電。
- ◆ 上水や工業用水を利用して発電。
- ◆ 農業用水路で土地改良区など水利用者(水利権者)が発電。
- ◆ 既存の他目的の水利用者と共同で発電に取り組む。

●豆知識● 「水利権」とは？

風力発電や太陽光・熱利用では，「風利用権」や「太陽利用権」のような権利はありません。しかし，水を利用する場合は，厳格に「水利用権(水利権)」が設定されています。「水利権」は，河川などの水を利用する権利のことをいい，所有権ではなく流水の占有権です。河川法第23条では，「河川の流水を占有しようとする者は河川管理者の許可を受けなければならない」とされ，この許可のことを一般には「水利権」と呼んでいます。ただし，農業用水のように河川法成立以前に，一定の取水なし水利用を継続し，その慣行が社会的に認知されているような場合は，「慣行水利権」として水利用の権利が認められています。

■誰の水か?の把握

水利権者, 水利用者, 関係者を把握する必要があります。

- 関係水利用者の権利や影響の及ぶ範囲を確認します。
 - ・すでに取水されている水には, 必ず水利用者(水利権者)がいます。
 - ・取水により影響を受ける漁業, 発電事業者, 集落はありませんか。
 - ・環境保全や野生保護に取り組む人や団体はいませんか。
- 対象地が, 自然公園法, 自然環境保全法, 国有林野法, 森林法などの**指定区域内**にあるかないかを確認します。指定区域内の場合は関係法令の規制なども検討します。(詳しくは, 専門家に相談してください。)

【着手後の許認可, 届出以外の想定される関係者調整】

- ・地権者・既得権者および市民団体・環境団体等への説明＝開発同意, 理解協力
- ・市町村等への説明＝開発同意, 理解協力
- ・都道府県関係部局への説明＝理解協力, 指導
- ・関係省庁(経産, 国交, 総務, 財務, 環境, 農水など各省)への説明＝指導, 補助金・RPS法の相談等
- ・(電力会社への説明＝仮契約など)

候補地点選定の視点

手続き・調整, 流量特性, 利用先, 施工性などからの妥当性検討

手続き・調整:

- 一般用電気工作物(現状では, 出力10kW以下です)の規模を推奨します。
- 許可がない水, 許可手続きが容易な水があります。手続きが簡単な水を優先することが得策です。
- 許可がない水でも, 既存の水利用者との調整が必要になることがあります(たとえば漁業, 農業用水)。既存の水利用者とのよい関係をつくりましょう。
- 水路, 堰などを利用する場合, 施設所有との調整が不可欠になります。施設所有者の確認とよい関係づくりに努力しましょう(施設所有者が実施主体であれば問題ありません)。
- 実施者が, 容易に調整できる土地を選ぶことが得策です。

流量特性:

- 流量変動の少ない流れが適しています。できるだけ一年を通して, 変動の少ない流れを対象にしましょう。
- ゴミの流入は, 維持管理の負担増・経費増や適正運転に支障をきたします。ゴミの流下が少ない流れを対象にすることが得策です。

環境配慮:

- 河川環境の維持・保全に問題のない地点を, できるだけ選びましょう。取水により流れを遮断することは, 河川環境に大きなインパクトを与えます。取水による流れの遮断が回避できる場所を選定することを薦めます。
- 河川・水路横断の取水施設の新設や水路の全幅利用を行うような場合は, 魚類などの生息に問題が生じることがあります。問題が生じるような場合では, できるだけ容易な代替・回避策(水車選定, 魚道等工事の難易度)が採用できる地点を選定することが得策です。

利用先:

- 発電設備と同一敷地内での利用が好ましい。道路を横断して利用するような場所は避けた方がよいでしょう。
- 発電量よりも常に大きな需要があると有利です。発電した電力を有効に使うような多様な利用方法を考えましょう。

施工性:

- 既存の施設が利用できると工事費を削減することができます。既存の取水施設や水路が利用できる場所の選定が得策です。
- 工事作業性は重視されなければなりません。車両のアクセスが容易で、重機の作業スペースが十分に確保できる場所が有利です。
- 現況を大きく改変する工事は推奨されません。改変が少なく、土地利用変更などが不要の場所を選定することが望まれます。

■事例紹介■

・富山県富山市大沢野土地区における小水力発電実験

【許可の要らない水, 同一敷地内】

普通河川から取水し、電力自給を希望する農家の敷地内に発電施設を設置。

・岐阜県郡上市白鳥町石徹白地区における小水力発電実験

【許可の要らない水】

普通河川から取水した農業用水路にバイパス水路を並列させて発電施設を設置。

例えば, こういう候補地が適しています。

想定出力: 10kW以下(一般用電気工作物)の発電である。

流れ条件: 許可手続きが不要な水(3頁参照)である。／年間の流量変動が少ない。
／ゴミが少ない。

調整条件: 既存の水利用者がいない。／自己所有の取水施設・水路。
／環境影響が軽微(流れを遮断しない。)／自己所有の土地。

利用条件: 道路を横断しない同一敷地内に利用先。

工事条件: 車両アクセスがよい。／重機の作業が可。／取水が容易・既存取水施設が利用できる。
／現況改変をほとんどしない。

候補地の妥当性や取り組むべき課題は確認できましたか?

地点と施設

何を把握、調査し、整理しておく必要があるか？

■地点の調査方法について

流量調査：

- 流量資料の有無確認。水文水質データベース[<http://www1.river.go.jp/>]や市町村、県、河川事務所、ダム事務所などで収集できます。
- 最適な設備の決定には、10年間以上の流量資料を集めたいものです。想定する地点近傍のデータがない場合は、解析や観測で補えます。
- 農業用水を利用する場合、取水データと地点流量データの有無を確認し、データがない場合は速やかに観測を開始します。

流量観測・落差調査（「簡易測定法」参照）：

- 出力を求めるためには、流量と落差の把握が不可欠です。
- 流量観測は、流速測定と流下断面を調べ水位を測定する方法があります。
- 落差調査は、取水点～水車までの高低差を水準測量などにより求めることができます。

維持流量調査：

- 取水地点から放水地点までの間の元の流れは流量が減ることになります。この区間を減水区間といい、魚類など動植物の保護や漁業などに悪影響を及ぼさない(維持)流量を残して、取水しなければなりません。
- 維持流量に対する配慮の要不要、流量については、近くの河川事務所に相談します。維持流量の目安は集水面積100km²当たり毎秒0.1～0.3m³とされています。

環境調査：

- 環境影響調査としては、魚類等水生動植物への影響、工事中・供用時の水の汚れ、水温の変化などを考えることができます。

●簡易測定法

流 量

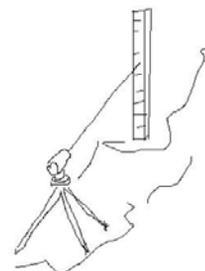
- ①河川や水路の断面積を調査により求め、流れの表面速度(m/sec)を計測する。流量は、計測した流れの断面積と表面速度の積を求め、さらに係数0.6を乗じて算出する。
- ②水量が少ない流量は、容量が分かっている容器を用い、流れの水を全て容器に溜めて、一杯になるまでの時間を計測し、容器量(リットル)を一杯に溜めるまでの時間(sec)で割って求められる。

落 差

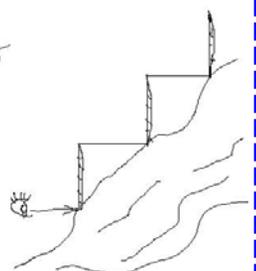
- ①詳細な地形図があれば、取水地点と設置地点、放水地点などを読み取ることで求められる。
- ②現場での簡易落差測定は、ハンドレベルを使う方法、一定の長さ(高さ)の棒で取水地点から放水地点までを垂直方向に何回棒が折り返せるかを階段状にたどる方法などがある。



地形図利用の方法



簡易測量の方法



棒階段状による方法

施工性調査：

- 発電施設を配置できる十分なスペースがあるかを確認します。
- 発電地点と需要地点の位置関係を確認し、送配電やその設備工事において問題を生じないかを検討します。
- 資機材の運搬・搬入・積み下ろしや仮置き・ストック、設置工事が容易にでき、スペースが十分かを確認します。
- 車両進入や既存設備との位置調整に支障がないかを確認します。

権利関係調査：

- 設置地点や工事範囲に、自然公園、自然環境保全、国有林野、砂防などに関する法規制がないかを確認し、ある場合は事前に関係機関に概要説明に行き、必要な手続きを確認しておいた方がよいでしょう。（関係法令等は巻末資料参照）
- 同様に、予定地点や工事範囲の権利関係の有無を調査します。場合によっては借地の要不要や不可を確認します。

■調査・検討事例■

富山市大沢野土地区における小水力発電実験

- ・電力会社領収書等(月別)を入手して、月間必要電気量を見積もり、発電機出力を検討・決定。
- ・水利権は国道河川事務所に問い合わせる許可不要であることを確認。
- ・砂防ダム(取水施設利用)の利用許可は県砂防課に確認後、申請(砂防設備占用許可申請書)。
- ・流量は、現地での簡易流量観測で確認。
- ・設備構成は、専門家のアドバイスに基づき決定。

■環境へのインパクトが小さいことが、小水力の魅力の一つ。

- ・小水力は既存の堰などを利用する流れ込み式発電設備として設置されることが多い。このため、原則として既存の水循環を遮断することが少ない。
- ・小水力発電は機器が小型であるため、ゴミや砂礫など異物の流入が運転状況や機器の損傷に多大な影響を及ぼす。設備への魚類の流入も例外ではない。このため、ゴミや魚類等の侵入抑制を目的とする除塵、沈砂対策はきわめて重視される。小型であることが、大型では問題になる生態系への影響の緩和として機能している。
- ・ゴミ対策を要しない水車(上掛け水車やらせん水車)への期待も小さくない。ゴミなどの流下を阻害しないことが前提なので、魚類等の流下に対する障害は少ない(遡上に対しては対策が必要)。

●豆知識● 砂防ダム(堰堤)とは

山間部の河川に、砂礫の貯留と流出調節、河床勾配の緩和、浸食防止、山脚固定などのために設置されるダムで、原則として貯水を目的としない。砂防指定地内に設置される国土交通省(都道府県砂防関係部局)所管のダム、農林水産省(都道府県林野担当部局)が所管する森林域の治山を目的としたダム(治山ダムと呼ばれることもある)や農地保全のためのダムがある。普通河川や準用河川で、小水力発電を行う場合、取水施設として利用できることがある。

8p

完成イメージ

発電所のかたちを想定します。

専門家と相談して、検討します。

8～10ページは、作業の流れとして理解しておけば構いません。

全体設備は、既設構造、対象地点の特性に合わせた適切な配置、土木設備の内容と構造、水車機種選定に基づき、計画・設計しなければなりません。

①発電の概略検討(出力の概定)

- 最大使用水量の検討：流量データがある場合は、日流量を順番に最大流量から最少流量まで1年分並べて、流量の状況を確認します(流況曲線:下図参照)。最大流量の70%流量は、経済的な発電の目安になります。
- 数日しかない流量を使用量にすることは避けるなどの検討を行い、設備利用率や概略設備コストを考慮して、最大使用水量(発電対象の流量)を決めます。

毎日の流量

流量を順番に並べ替える。

m³/s

月日

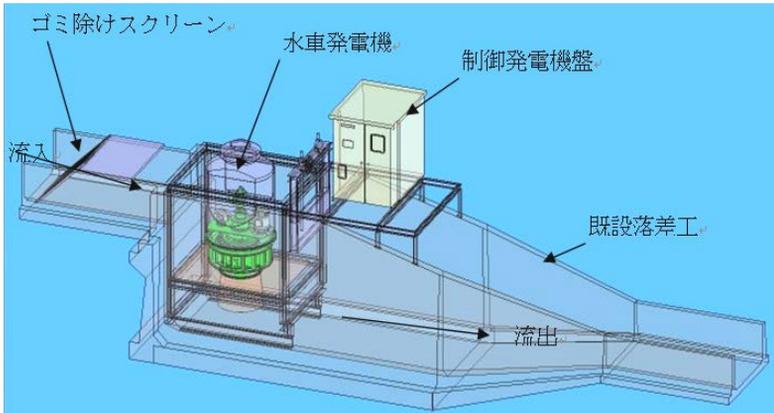
流況曲線

m³/s

流量の順番

②水車発電機の選定、設備構成の検討

- 専門家に相談して、有効落差、最大使用水量、流況、ゴミの流下などから、最も適した水車発電機を選定し、設備の規模を検討します。
- 点検や事故による停止などを想定し、年間稼働時間を決め、年間発電量を見積もります。



発電設備の構成例

■水車の種類と選定

水車の種類:

- **衝動水車**: 消防ホースから放出する水で回るような水車で、主に高落差に適す。ペルトン水車が代表的、他にターゴインパルス水車やクロスフロー水車(反動水車としても使用可)がある。
- **反動水車**: 水圧で水車の羽根を押し回すタイプの水車で、船のスクリューのように水の中で回転する。フランス水車、プロペラ水車(カプラン水車)が代表的。放水管の落差(吸出し管高さ)も利用できる。
- **重力水車**: 水の重量で回転するタイプで、下掛け水車、上掛け水車、らせん水車が代表的。開放型設置が可能で、景観形成などに有効。

水車の選定:(あくまでも目安です。専門家に相談しましょう。)

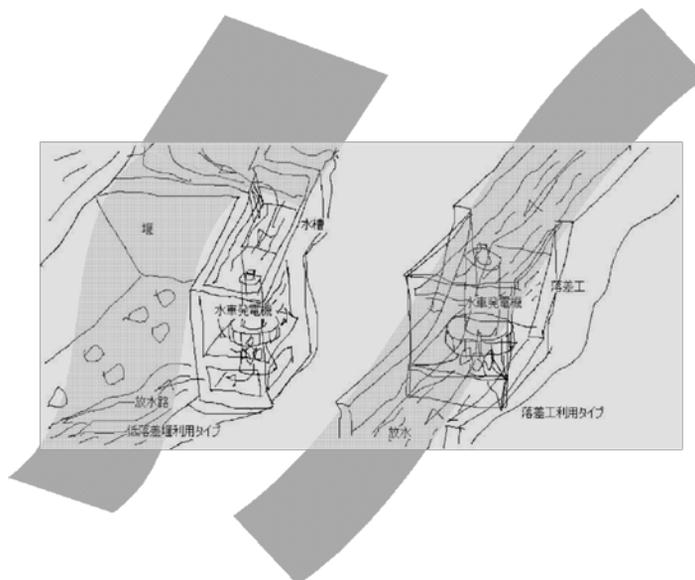
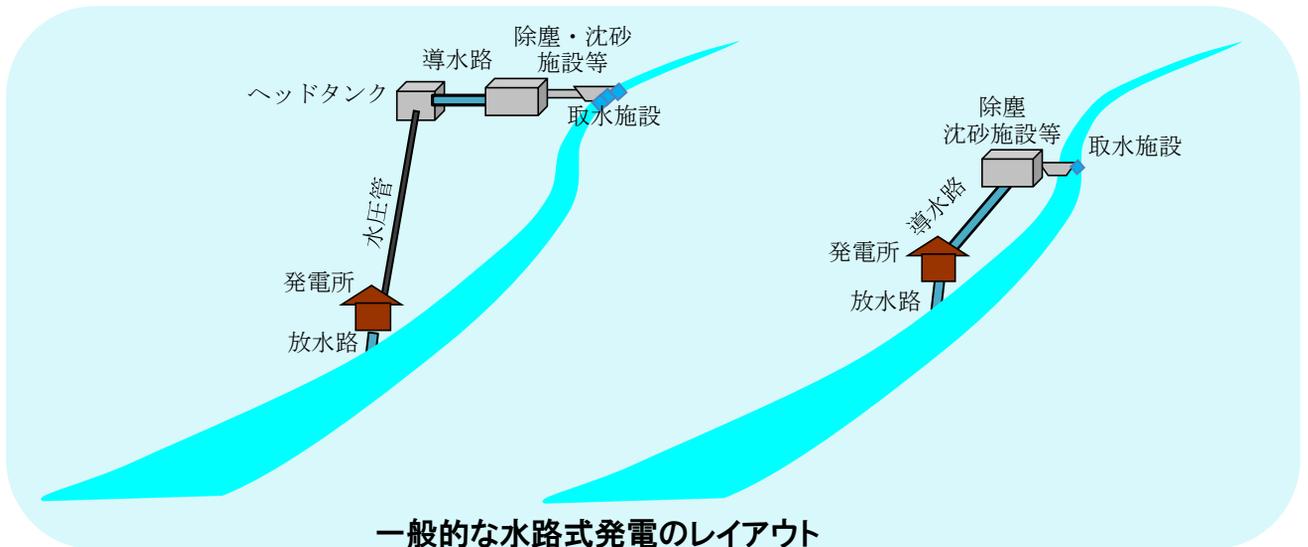
水車は、河川・水路の地形、利用可能地点、取得可能落差の特徴から、設備計画を立て、利用可能落差・水量に基づいて適用可能かを検討して選定します。しかし、落差や流量、設置条件などにより、最適となる種類・規模は異なります。できるだけ専門家の助言を受けて、条件に合ったより適切な水車を検討・選定することが望ましいといえます。

- **水量の目安**: プロペラ水車 = $0.2\text{m}^3/\text{sec} \sim 1\text{m}^3/\text{sec}$, フランス水車 = $0.1\text{m}^3 \sim 0.5\text{m}^3/\text{sec}$, ペルトン水車 = $.03\text{m}^3/\text{sec} \sim 0.1\text{m}^3/\text{sec}$ など
- **落差の目安**: プロペラ水車 = 落差5m以下, フランス水車 = 落差5m~30m, ペルトン水車 = 落差30m以上等。



③レイアウトの検討

- 設置する場所の地形、流水状況、既存施設の有無などを考慮して、施設のレイアウトを決めます。
- 次のような事項に配慮する必要があります。
 - ・洪水時の浸水リスクや発電所を河川に近接させられるか、既存の堰や流れ溜りを取水に利用できるかは、水力設備のサイト配置に大きく影響するだけでなく、土木工事量に関係します。
 - ・できるだけ短距離で落差の取れる堰・滝・砂防ダム・落差工などの選定は重視されるべきです。
 - ・レイアウト検討では、既設土木設備や地形の有効利用による土木工事の削減も検討すべきです。



利用と評価

利用法のいろいろ 経済評価と資金計画／着手判断の基準

■使い方の事例■（使用水量、出力および様々な利用法）

- ・岐阜県郡上市白鳥町石徹白地区(10ℓ/sec, 1kW実験設備):家庭用, 街灯, バッテリー充電, 電熱給湯
- ・富山市大沢野土地区(120ℓ/sec, 1kW実験設備):家電(照明, 冷蔵庫, こたつ等), EV充電
- ・山梨県雲取山:山小屋の電灯, 掃除機
- ・山梨県都留市(2.0m³/sec, 20kw):役所電源, 売電
- ・群馬県沼田市(140ℓ/sec, 35kw):水道浄水場電源
- ・長野県大町市川上ミニ水力実験所(430ℓ/sec, 300w):蓄電, 家庭用
- ・長野県安曇村山岳研究所(5ℓ/sec, 0.9kw):施設の照明, 生ごみ処理機
- ・長野県茅野市オーレン小屋(58ℓ/sec, 10kw):山小屋の電気設備, 浄化槽
- ・長野県小谷村(2ℓ/sec, 150w):地すべり観測システム電源
- ・愛知県幸田町幸田製作所(70ℓ/sec, 12.4kw):工場用電源
- ・京都市嵐山保勝会発電所(550ℓ/sec, 5.5kw):街灯, 売電
- ・高知県大川村(135ℓ/sec, 60kW):鶏舎, 売電
- ・鹿児島県上屋久町(120ℓ/sec, 2.7kw):観光施設照明, 観光用

■電力利用と特徴

●利用形態としては、①動力、②電灯、③制御、④電熱、⑤蓄電が考えられます。

(主な家電の概要, Wは目安, []は負荷変動特性)

- ①動力:運転開始時に, 定格の数倍の電流が必要。負荷変動, ON/OFFの繰り返しあり(冷蔵庫:200~300W[中](モーター起動時)／掃除機:250W~1kW[中]／洗濯機:200W(乾燥機は1kW)[中]／エアコン:1~5kW[大])。
- ②電灯:夜間に集中。点灯中は一定負荷(照明:数10W[小]／TV:200~300W[小])。
- ③制御:小さい電力量だが, 高品質の電気が必要。バックアップ電力などが必要(パソコン:50W以下[小])。
- ④電熱:設定温度に対応する負荷変動, 季別・昼夜変動やON/OFFあり。(炊飯器:1kW(保温時20W)[小])。
- ⑤蓄電:蓄電容量や充電度に応じた負荷で, 任意のON/OFFも可能。

●需要変動と供給の検討

- ・需要は, 日変化, 平日・休日, 季別変化などがあり, 常に変動します。対象とする需要に対しては, 最大負荷をまかなう電力供給が必須です。
- ・需要変動を調査し, 日・季別の需要パターン・需要規模を明らかにしておきましょう。

■起動時の電圧降下から家電の接続を考える。

10kWの発電設備に16畳用のエアコン(冷房、暖房ともに数kW)を接続した場合のコンプレッサー起動時の電圧降下は最大で10V程度(200V供給として)と推定されます。したがって、5kW以下の発電設備にエアコンをつなぐ場合は、他の家電製品の動作に影響を与える可能性があります。5kW以下の発電ではエアコンの接続を優先しない方がよいかもしれません。また、同時起動の可能性を考えると、エアコンの接続は10kW発電で、10台程度までとすることが無難と考えられます。数kWの動力(モーター)を接続する場合も同じです。

より深く利用のかたちを考える人のための提案

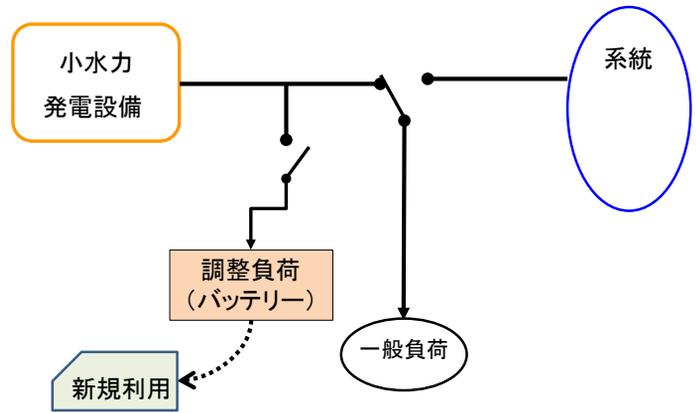
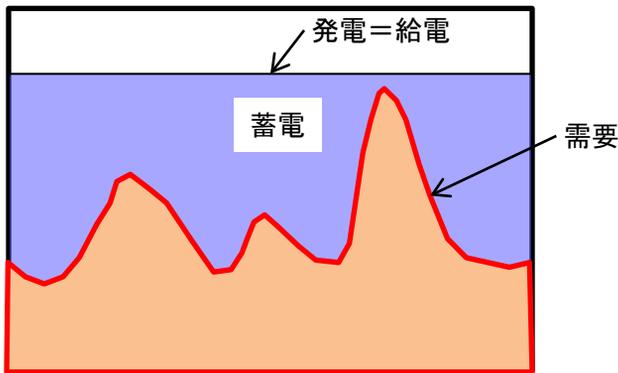
「独立電源・負荷サイド制御」について

■「負荷サイド制御システム」を提案する。

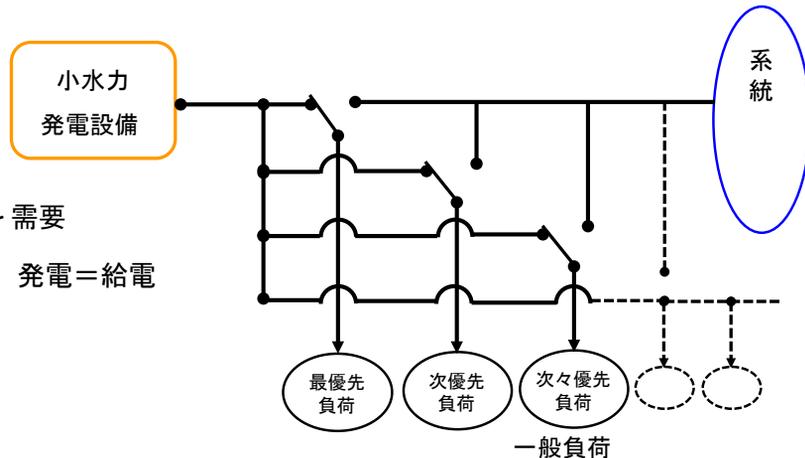
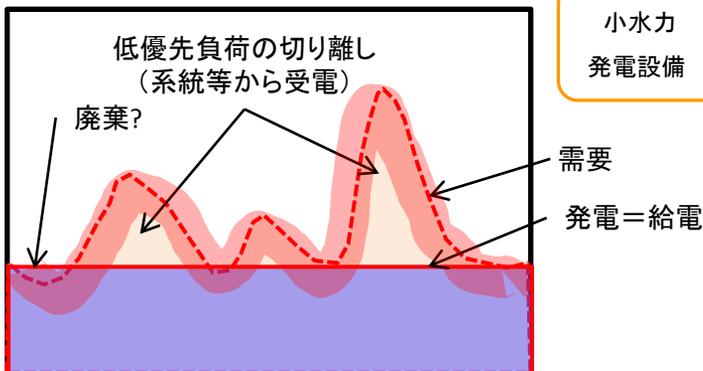
需要とマッチングした独立電源による電力供給は、非常に難しい。しかし、定常的な供給(ベース供給)の水準をある程度予測でき、ベース供給を上回る需要が発生したときの対処法(ピーク供給)が工夫できれば、独立電源による需給マッチングの電力供給は可能となる。対処方法は、大きく二つの方向がある。もちろん、両者の組み合わせ、中間形もあり得る。

- ①「蓄電負荷制御」:ピーク供給相当の定常的な需要をつくりその需要を満たす給電を行う。
たとえば、バッテリーを組み込んで、「供給ー需給」の余剰分を調整するなどの方法。
- ②「追随負荷制御」:供給能力を超える需要を給電対象外とする。たとえば、負荷(給電する家庭や家電)に優先順位をつけて、電力供給に見合う使い方をするなどの方法。

①「蓄電負荷制御」



②「追随負荷制御」



■負荷の優先順位について

一般的に、電灯、電熱、蓄電などは需要予測がしやすく、優先的な利用を想定してもかまいません。一方、定格出力が大きい動力をもつエアコンなどの家電は、優先順位を下げた方がよい場合があるかもしれません。(前頁参照)

■経済性の検討と資金調達について

①概算費用の見積り(設備、維持管理は専門家への相談、メーカー聞き取りで。)

- ・レイアウト、設備構成の検討結果に基づき、仮工事計画を立案して、概算工事費を算出します。
- ・設備費は、メーカー等からの聞き取りにより、工事費は類似工事の単価(m当たり、m²当たり単価など)を用いて概算します。(回路設計や構造計算等の費用も忘れずに)
- ・維持管理費。(年間点検管理、数年に一度回転部品交換、10年に1回オーバーホールなど)についても概算しておきます(工事費の数%)。

②経営計画

- ・収支(便益の金額換算を含む)と支出を予想します(持続性を考えるのであれば、更新費の積み立て分を忘れずに)。
- ・まず、年間支出が許容範囲かを確認します。次に、「年間収支(便益)一年間支出」が想定内かを検討します。

③評価(専門家に相談することを進めます。)

- ・経済性の評価には、ディスカウントキャッシュフロー法やB/C(総便益÷総費用)法などがあります。(詳細は専門書・専門家に)
- ・総費用(建設費)を年間発電量で割って、250円以下/kWhであればOKなどの概略法もあります。

小水力発電事業における資金調達の組み合わせ

■資金調達■

- 資本金
- + メザニン出資
- + 金融機関融資
- + 補助金

による資金調達が行われる。

一部は市民出資に置き換えられる。

補助金

政府・自治体の補助金により、事業費の一部(1/3~1/2)を国庫、NEDO、環境省、経産省など

金融機関融資

風力発電では、プロジェクトファイナンスの場合が多い。事業のキャッシュフローを返済原資に限定して融資を受ける

メザニン出資

資本金と融資の間にくる資金。両者が不足する場合に出資される。

資本金

事業のオーナーシップを持つ事業者が拠出する事業体設立のための株式出資

この部分について、一部、または、すべてを市民出資で置き換えることが可能

この部分についても、市民出資でまかなう場合もある

出典:「自然エネルギー事業のファイナンス初心者ガイド」, 自然エネルギー市民基金

■採算性や資金調達法などを検討し、経済性を評価します。

■さらに、環境貢献、地域活性化、PRなど、金額で評価できない効果も考慮して、総合的に事業の妥当性を判断します。

ただし

- ・事業を進める上での課題を抽出してください。
 - ・課題の解決方針を検討し、メドを付けてください。
- 【水利権/規制/合意・利害調整/需要設備/アクセス等】

解決のメドが立たないときは、立ち止まる勇気も

着手を決定

着手**まず、工程計画を立てましょう。**

- ・第一に、作業内容とスケジュールを確認しましょう。
- ・何を最初に行い、何が優先するかを事業関係者全員で確認・理解します。

着手決定後の作業、対外的な事項を優先します。**■作業項目の確認(流量データ収集, 許認可・申請等)**

- ・河川法の許可が必要な場合は、河川事務所への事前説明が最優先
- ・対外関係者の洗い出しと対応の内容と時期の段取り
- ・地権者・既得権者への説明の時期と方法(理解協力と同意)
- ・関連法規制の許認可手続きの確認
- ・(電力会社との系統連系協議のための事前説明窓口と内容・時期の確認)
- ・補助金申請手続きの確認

[設計のための助成]: NEFハイドロバレー計画(経産省), 小水力発電工事等技術強化対策事業(農水省), 事業化FS調査(経産省)などがあります。

[施設整備のための助成]: 地域新エネルギー等導入促進事業(経産省, NEPC), 地域用水環境整備事業(農水省), 市民共同発電推進事業(環境省)などがあります。

- ・調査設計の作業項目・内容・時期と実施方法の確認

■着手から供用までの主な作業内容の例■

- 利用する水の決定
河川の種類, 河川・水路管理者, 水利権などについて調査・確認し, 流量調査を行ったうえで, 決定。
- 設置場所の決定
地権者, 周辺地権者, 施工性, 流量制御性, 維持管理性, 必要落差の確保などを調査・確認して, 決定。
- 機種選定・製作
普及性, 適応性, 費用などを比較検討し, 仕様や製作時の留意点を整理して決定。
- 設計
導水路勾配, 流量調節機構, 施工時の影響, コスト軽減などを考慮して, 設計
- 設備工事(水路工事, 機器設置工事, 電気関係工事の実施)
- 供用開始
利用者宅へ引き込み後, バッテリーに蓄電し, さらにDC/AC変換して家庭電力の一部として利用開始。

■関係者の例■(許可の要らない水, 各種法規制がない地点でも少なくない。)

- 【岐阜県郡上市白鳥町石徹白地区の例】
用水委員会(自治区)／地域協議会／設置場所に接する地権者／下流側地権者
／県(借地, 河川管理)／市(借地, 用水管理)／周辺住民
- 【富山市大沢野土地区の例】(1戸のみの地区)
県河川管理課／県砂防課／国道河川事務所／市担当課／利用者(協力者)／技術支援団体
／施工業者(賛同者)

主要手続き

主なものは、河川法、電気事業法。
他にも法規制等に基づく手続きが必要(資料-3p参照)

1. 河川法

許可が要らない水の場合は、次のページに進んでください。

- ・申請前に、数回の説明・相談・協議が必要です。
- ・河川事務所(2級河川の場合は県の河川課等)の事務担当官と技術担当官が対応します。
- ・河川事務所の了解後、事務所の担当者による上位機関(基本的に地方整備局)への説明が必要です。

河川法の許可の手続き(一般的)

- ①事前説明:河川事務所へ着手宣言。早いほどよい。計画公表の前にコンタクトする。留意点、流量データの入手方法などの相談も。
- ②事前協議1:設計図面、構造計算結果、工程表の説明。資料提出、協議。
- ③事前協議2:申請書式(案)の作成と説明。申請可の確答まで、指摘・修正・説明の「キャッチボール」。申請書式の承認まで。

■河川法の許可とは?

- ・流水の占用の許可(第23条)
- ・土地の占用の許可(第24条)
(占用場所が河川区域内で国有地の場合)
- ・工作物新築等の許可(第26条)
- ・土地の堀削等の許可(第27条)
- ・河川保全区域における行為の制限(第55条)

【所轄:国土交通省,

<http://www.mlit.go.jp/river/>】

水利権の申請における留意点

- 流量データ:** 申請に当たって、可能ならば過去10年の流量データを用意する。ただし、早めの相談(事前説明)により、必要データの内容や流量データの入手方法などについて助言を得るようにする。
- 農業用水、上水などを既得の水利用する場合(従属利用):** 従属元の取水記録、予定地点の1年間の流量観測データを用意する。(事前協議/申請予定時の一年前から流量観測開始が望ましい。)
- 説明資料:** 洪水時の構造物の安全性が分かりやすく説明されていること。写真や概要図等を用いて分かりやすくする工夫を行うこと。

●豆知識●「電気工作物」(電気事業法)

- 電気工作物とは:** 発電、変電、送電若しくは配電又は電気の使用のために設置された工作物で、土地等に固定した設備。
- 発電所とは:** 発動機、原動機、その他の機械器具を設置して電気を発生させる所。ただし、非常用予備発電装置を設置している所は除く。
- 一般用電気工作物(危険性の少ない発電設備)とは?**
 - ・電気工事士法における規制対象物、電工事作業従事者は電気工事士法で定められた資格を要す。
 - ・電圧600V以下で出力10kw未満の水力発電設備(ダム付帯を除く)
 - ・複数の場合は合計が20kw未満のもの(電氣的接続の場合)
- 自家用電気工作物(事業用電気工作物)とは?**
 - 自家用電気工作物は、「一般用電気工作物」、「電気事業の用に供する電気工作物」に該当しない発電所、変電所、開閉所、電線路、需要設備などの電気工作物。

2. 電気事業法

一般用電気工作物(10kW以下)の場合は、次のページに進んでください。

■自家用電気工作物

一般用電気工作物以外が事業用電気工作物で、事業用電気工作物のうち「電気事業の用に供する電気工作物」ではないもの。

●以下の届出が必要。所管の産業保安監督部電力安全課に提出する。

①工事計画の届出(電気事業法施行規則別表第3)。

- ・工事計画届出書(指定様式)
- ・工事工程表
- ・工事計画書の記載事項:発電所の名称、位置、出力、周波数、使用水量、有効落差の他、設置する設備の諸元。
- ・添付書類:発電所位置図、各設備の構造図、設計計算書等。

【注意】工事着手の30日以上前に届出が必要です。

②保安規程の制定及び届出(様式あり, 工事着手前まで)

- ・業務管理者の職務及び組織に関すること。
- ・従事者の保安教育に関すること。
- ・保安のための巡視、点検及び検査に関すること。
- ・電気工作物の運転又は操作に関すること。
- ・発電所を相当期間停止する場合の保全確保に関すること。
- ・災害その他非常の場合に採るべき措置に関すること。
- ・保安についての記録に関すること。
- ・法定事業者検査に関する実施体制等に関すること。
- ・その他保安に関し必要な事項。

③主任技術者の選任及び届出(様式あり, 工事着手前までに)

- ・「電気主任技術者」の選任と届出(選任後, 1ヶ月以内)
(「特例」あり, 要件は電力安全課に確認, 申請1週間以上前に。)
- ・「ダム水路主任技術者」の選任と届出(選任後, 1ヶ月以内)



- ・計画説明は早めに。
- ・早い段階で、概略の発電所諸元, 位置図等の事前説明資料を作成し、管轄の産業保安監督部電力安全課に説明・相談(必要資料, 記載方法等の指導が得られる)。
- ・分かりやすい説明資料を(写真や概要図等を用いるなどの工夫を)。

■「電気事業法」の届出

- ・事業用電気工作物の範囲(第38条)
- ・事業用電気工作物の維持(第39条)
- ・工事計画の届出(第48条)
- ・保安規程の制定及び届出(第42条)
- ・主任技術者の選任及び届出(第43条)

【所管:経済産業省, 所轄産業保安監督部,

<http://www.nisa.meti.go.jp/safety-kanto/denki/index.html>】

調査・設計

調査・基本計画，実施設計，機種を選定

■調査・基本計画

以下の内容の調査，検討を行います。

地形測量／有効落差・損失落差の計算（巻末の用語解説参照）

流量観測／流況曲線作成／維持流量・使用水量等の計算

発電出力，年間発電量の計算／各種設備・機械の機種選定

土木設計（レイアウト）／発電設備設計（レイアウト）

電気設備設計（単線結線図等の作成）

概略実施計画／コスト計算／収支計算および経済性評価

■実施設計

①小水力発電設備の工事用施工図および構造計算書作成

【許認可の協議にも使用する設計図面として作成する。】

・土木設備：取水施設，除塵機，ヘッドタンク，水圧管，導水路・放水路など

・発電所 建築構造図，縦断面図

・機械設備：水車，増速・调速機，回転機器，弁，油圧設備など

・電気設備：発電機，制御装置，逆変換装置，整流器，保護装置，配電盤，変圧器，電線回路，監視装置など

②予算設計書

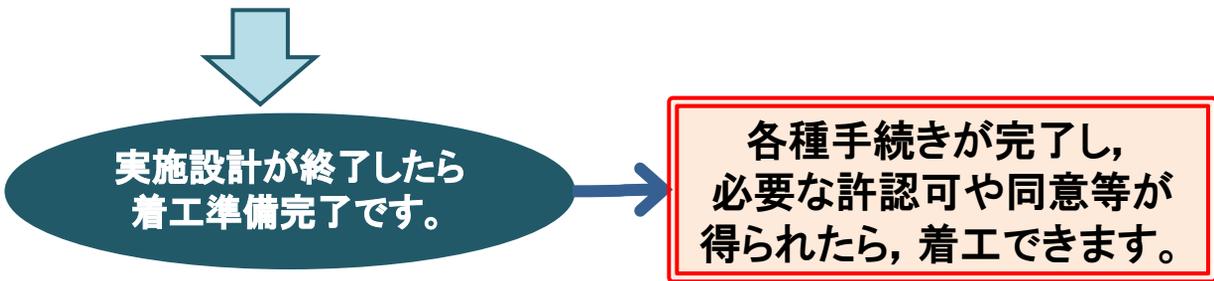
購入機器費用，工事費などを調査し積み上げて工事予算として確定する。

③仕様書作成

④工事計画書／工程表作成

⑤許可申請添付図書作成

①～④で作成した図書，図面から，各許認可機関が求める資料を抽出し，さらに要求される資料を用意する。



実施設計が終了したら
着工準備完了です。

各種手続きが完了し，
必要な許認可や同意等が
得られたら，着工できます。

参考：計画・設計の事例

■計画・設計の検討例■

- 取水施設 ・既設砂防ダムを利用する浸透型取水で、コスト削減とゴミ・土砂流入対策。
・ドラム缶をサージタンク活用した沢水の取水導水。
- 導水路 ・既存水路に並列するバイパス水路で、角落としによる取水調整施設でコスト削減。
・普通河川域での取排水を前提とし、落差を大きくするためのパイプラインによる導水。
- 水車 ・運転不能に直結するゴミ・土砂等の詰まりを起こしにくいタイプを第一に優先。
・水量・落差に対して最大限水力エネルギーを発生できるような水車羽根を設計。
・高速回転が可能な設計により、水車の小型化、大量生産品の発電機に適合。
・高度な技術水準を必要とせず、施工性が高い低落差型開放水車の採用。
- 給電設備 ・発電施設から減圧(200V→30V)して自宅に引き込み、バッテリーに充電し、交流100vに変換して家電に使用。

■事例からのアドバイス

発電設備全体の構成は小型であることによる問題に十分な配慮を(ゴミ・石・土砂の詰まりの影響や管理者が常駐できないなど)。／既設施設の活用によるコストダウンを。／取水部の洪水対策は怠りなく。／導水路の維持管理・保護にも配慮を。／電力需要に近い地点に発電施設を。／保守管理性や普及性を考えた設備・機器導入を。／インバータ・コンバータの賢い利用もオプションに。

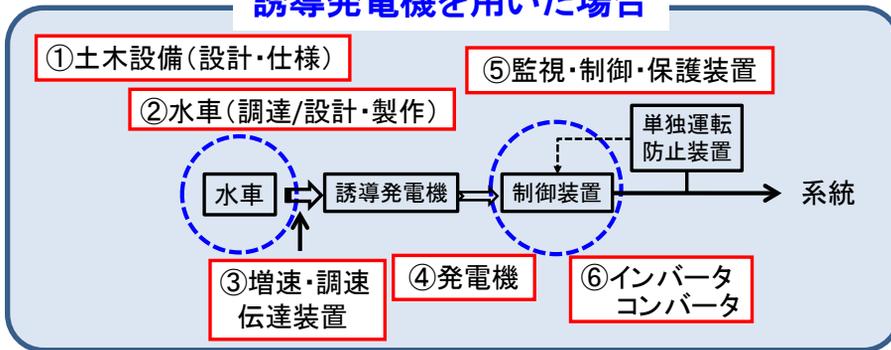
【参考】環境配慮設計：

水車や既存の水路を利用する小水力発電は、環境調和型水路の整備や伝統的歴史的景観の再生と親和性が高い施設・設備です。しかし、水路全幅を横断する施設を新たに整備するような場合は、事前に魚類等の調査を行い、マイナス影響を回避する工夫として、魚道やバイパス水路などの付帯施設を設計・整備することが必要になるかもしれません。バイパス水路の設置では、取水～水車までの導水路の途中に水路断面を大きくして流速を遅くする沈砂池などをゆとりをもって配置し、魚類が通過できないスクリーンを設置するなどの対応も考えられます。

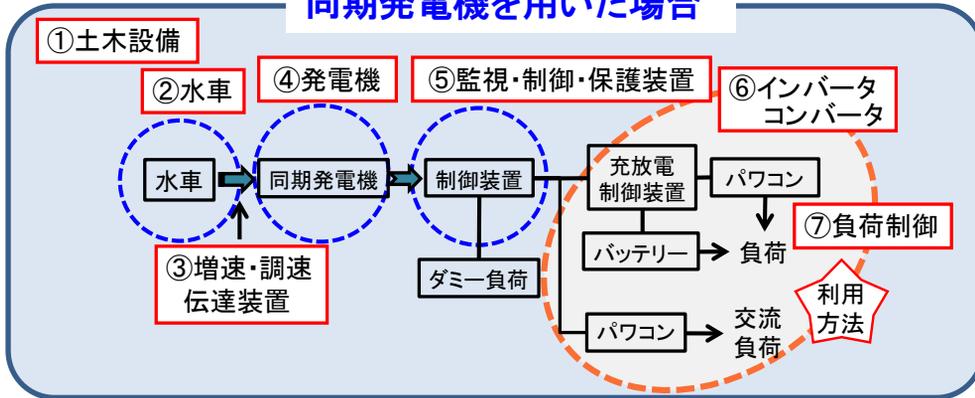


■発電システムの構成と主な設備

誘導発電機を用いた場合



同期発電機を用いた場合



①土木設備

水路、パイプライン(材料、構造)
取水施設(堰、流れ込み構造等)
沈砂池(容量、形状)
受水槽(大きさ、構造)
除塵設備(構造・効果、設置位置)

②水車(専門家に相談)

主な水車タイプと特徴

- フランシス
融通性が高い、高効率、高速
- プロペラ
低落差・大水量、高速、小型化が可
- ペルトン
高落差・少水量、高効率、中速
- クロスフロー
単純構造、中速、強度強化が必要
- 開放水車[下掛け、上掛け、螺旋など]
低速、高効率化設計が必要

③増速・伝達装置

- ベルト駆動/ギア駆動の選定が必要
- 必要機器・部品等
軸/増速機・ギアボックス/軸受(ベアリング)/
カップリング/プーリー/ベルトなど

④発電機

- 発電方式の検討が必要
 - ・誘導発電機： 系統連系運転で、電気・制御設備を簡素化・安価にできる。
 - ・同期発電機： 単独(自立)運転と系統連系運転の両方が可能。回転子に直流を流す方式と永久磁石式(100kW以下目安)がある。
 - ・オルタネータ： 安価で、インバータと組み合わせることで安定電源にできる。3kw程度まで。
 - ・直流発電機： 1kW以下。整流子戸ブラシの保守が必要

⑤制御・保護装置, ⑥インバータ/コンバータ

(用語解説参照)

- ・調速制御, 応水水調制御, 励磁制御(AVR)
- ・同期制御
- ・パワコン(DC入力)

参考：装置・機械などの機種・メーカーの例

■水車発電機の既製品の例

形式	業者名	名称	有効落差 (m)	流量 (m ³ /S)	出力 (kW)	備考 (代理店等)
ペルトン水車	イームルエ業(株)	HYD型	7~80	0.0002~0.007	~0.3	
ターゴインパ ルス水車	カナダEnergy System & Design社	Stream Engine	3~50	0.001~0.01	~0.6	(株)ノースパ ワー
			3~120	0.0003~0.02	~1	(株)ハンテック
			3~150	0.00067~ 0.0095	0.015~1.9	(株)イズミ
	カナダAsian Phoenix Resources社	MHG-200 HH	5~6	0.0063~ 0.0064	0.16~0.2	(株)イズミ (ベトナム製)
MHG-500 HH		7~11	0.0074~0.009	0.275~ 0.52		
MHG-1000 HH		8~11	0.021~0.024	0.66~1		
クロスフロー 水車	シンフォニアテクノロジー (株)(旧神鋼電機)	リッター水力発電	1~10	0.005~0.017	0.5~1	
	田中水力(株)	クロスフローAシリーズ	2.5~80	0.02~0.3	3~40	
		クロスフローTシリーズ	2~100	0.1~6	50~1000	
		クロスフローCシリーズ	3~20	2.5~10	50~1000	
プロペラ水車	(株)クボタ	インライン型斜流水車ライン パワー口径φ300~400mm	3~100	0.01~1	3~100	
	イームルエ業(株)	セミカプランFS型	1~20	0.01~0.18	0.125~1	
		横軸缶胴ケーシング型プロペ ラPHP型	2~4	0.125~0.353	1~8	
		立軸プロペラVSP型	2.5~11	0.05~0.18	1~10	
		水中タービン発電機	2~30	0.15~10	10~850	
	チェコマーベル社	サイフォン式水車TM3,5,10	1.5~6.0	0.15~5.2	0.7~250	
	カナダEnergy System & Design社	カプラン水車KT35,50	1~6	0.3~1.5	3~20	(株)ハンテック
		LH 1000	0.5~3	0.03~0.06	0.1~1	(株)イズミ (株)ハンテック
	カナダAsian Phoenix Resources社	Power Pal MHG-200 LH	1.5	0.035	0.2	(株)イズミ (ベトナム製)
		Power Pal MHG-500 LH	1.5	0.07	0.5	
Power Pal MHG-1000 LH		1.5	0.13	~1		
田中水力(株)	Eco-Light TT500	9~11	0.011~0.014	0.42~0.55	ベトナムHPC	
東芝プラントシステ ム(株)	Hydro-eKIDSシリーズ	2~15	0.06~3.5	1~200		
フランス水 車	(株)日立産機システム	エネルギー回収システム EBS-F80M.L	8~27	0.7~1.4	0.5~3.5	
ポンプ逆転水 車	(株)西島製作所	GDT-PG	7~90	0.06~0.6	5~250	
開放型水車	ドイツハイドロワット社	下掛水車	1~2	1~4	6.1~61	

■動力伝達装置・発電機・制御・保護装置などの例

増速・伝達装置

- 必要部品等
 - カップリング
 - 軸受(ベアリング)
 - プーリー
 - ベルト
 - ギアボックスなど
- 主な増速機メーカー
 - 椿本チェイン
 - シグマ技研
 - セイワ
 - 住友重機械工業
 - 三木プーリー

発電機(多くのメーカーがあります)

- ・誘導発電機
 - 電機メーカー各社から調達可能。
- ・同期発電機
 - [高速回転]
 - 「すいじん1号」(3kW, AC200V, 8.7A, スルガ電機)
 - [低速回転]
 - 「IPMg-250L500」5.5kVA/5kW, AC200V(前川電気)
 - 「SKY-HG450W」5kW, 200V, 24.1A(スカイ電子)
 - [オルタネータ]4kW, 15A, DC24(デンソー)

制御・保護装置, インバータ/コンバータ

- ・パワコン(DC入力, 3kW~5.5kWが多い):
オムロン/シャープ/三菱電機等各社
- ・単独運転検出装置:三英社, 東洋電機など

■バッテリー製品の例

利用オプションとして、バッテリーが組み込まれると、柔軟な電力利用が可能となります。

鉛蓄電池	古川電気工業	GSユアサ	パナソニック	新神戸電気	日本電池
製品型番	HSE-100-6	EB160	EC-FV1260	LL220-24	SEB150
定格電圧(V)	6	12	12	12	12
定格容量(Ah)	100	160	60	220	150
容量(Wh)	600	1920	720	2640	1800
重量(kg)	20	54.5	21	266	49
エネルギー密度 (Wh/kg)	30	35	34	20	37
価格(万円)	-	5.5	12.5	-	11.5

リチウムイオン電池				ニッケル水素電池
メーカー	GSユアサ	パナソニック	新神戸電気	川崎重工
製品型番	LIM30H-8A	家庭用リチウム電池モジュール	PEV用マンガン系	-
定格電圧(V)	28.8 (3.6V*8セル)	25.2 (3.6V*7セル)	29.6 (3.7V*8セル)	36
定格容量(Ah)	30	58	90	200
容量(Wh)	440	1460	5400	7200
全体の重量(kg)	9	8	58.5	200
エネルギー密度 (Wh/kg)	49	183	92	36
価格(万円)	-	-	-	200

■ 制御機構・設備

■ 必要な制御機構 ■

1. 発電機および水車保護装置

(1) 発電機保護

- ・電気設備技術基準により設置義務があります。技術基準に適合した装置でなければなりません。
- ・発電機に電氣的な事故(短絡、地絡)が発生した場合の水車・発電機緊急停止装置。
- ・一般的には、発電機に付随しています。

(2) 水車保護

- ・発電機保護と同様に技術基準で設置義務があります。
- ・水車の異常(回転、速度、振動等)を検出して、水車の緊急停止装置。
- ・一般的には、発電機に付随しています。

2. 水車および発電機の制御装置

(1) 水車, 発電機制御装置

- ・水車, 発電機の起動～並列～停止までの制御装置。
- ・一般的には、水車および発電機に付随。
- ・汎用のシーケンサ等によるシステム採用で低コスト化調達が可能。

(2) 水槽水位調整装置(応水水制御装置)

- ・単独運転のためには、負荷変動による水車の使用水量変動の平準化を目的とする水槽が設置される。
- ・一般的には、水槽水位を一定に保つように発電機出力を自動調整する水位調整装置。
- ・流れ込み式で、発電機出力が一定の場合、取水量変化にともない水槽水位が変化するので、流量(取水量)が減少する(水位が下がる)と発電機出力を自動的に減少させ、流量が増加する(水位が上がる)と発電機出力を自動的に増加させる調整装置。

3. 调速機

- ・発電機の単独運転に必要な装置。
- ・負荷変動に対して、予め設定した水車回転速度(周波数)を維持するように水量を自動調整する装置。
- ・一般的には、水車に付帯して納入。

4. 系統連系装置(独立電源の場合は不要)

■ 単独運転防止装置(電力会社が規定する系統連系技術要件)

- ・発電機(同期発電機、誘導発電機とも)を電力会社の電力系統に接続する場合に設置が義務付けられる。
- ・O社(製造は今年度で終了), S社製、T社製がある(150万円程度)。

工事の実施

業者選定, 発注を行って, 工事实施。

■発注

工事を実施するためには、機器購入や工事を発注するために、メーカー、代理店や建設・電気事業者などを決め、契約を結ぶ必要があります。主な発注としては、次のようなものが考えられます。

- 機器類
水車, 発電機, 水車発電機制御機器, 連系制御機器
- 資材類
パイプ・水圧管, バルブ, 動力伝達関連資機材
- 工事
土木工事, 建築工事, 電気工事(電力会社への工事負担金が発生する場合があります。電力会社営業所に相談して, 確認してください。)

■着工

●**着工前の確認**● 工事にともなう影響(ex.断水, 道路使用, 騒音など)がある場合は, 事前に関係者との調整や周知が必要です。

工事には, 様々な工種があり, 経験のある専門業者を必要とする工事も少なくありません。信用のおける業者選定を心がけてください。とくに, 安全, 耐久性, 維持管理性に関係する, 回転部・動力伝達部, 流水部・高水圧部, 高電圧機器・配電などの工事では, 工程, 業者選定, 工事の責任範囲を十分に吟味し, 確実な相互確認を怠りなく。

■工事实施事例■

数kWの小水力発電でも, 一般的に水路工事, 水車発電機等設置工事, 電気関係工事(機器接続, 配電工事)が必要になります。

- 岐阜県郡上市白鳥町石徹白地区の工事实施例
 - ・水路工事: 量産品多用, 工事内容の単純化で, 地元の建設会社施工
 - ・設置工事: 公共工事経験を有す鉄工所施工(水車は, 技術を有す製作所)
 - ・電気工事: 専門技術を有す地元業者で対応

小規模であっても, 工事には専門業者が必要で, 時間がかかります。また, 経験が必要な工種もあります。

●富山市大沢野土地地区の工事实施例

土木工事は, 対象工種の経験業者を参加させる。とくに, 水圧管敷設は専門業者に, また砂防堰堤利用では取水工の耐用年数を考慮して工事内容の水準が達成できるかを明確に。

計画当初から関係する地域の土木業者を一括契約元と決め, 各専門業者の選定まで任せた。

- 4月: 設計・図面完成, 工事準備
- 5月: 取水工, 配管工
- 6月: 水車発電機設置, 水圧管の調整
- 7月: 電気工事, 水圧管調整, 取水工調整
- 8月: 電気工事, 取水工の再調整→試験稼働

■今までにつくられた小水力発電所の建設費の例■

(単位:百万円)

出力 (kW)	土木	電気機械 工事	配電	その他	計	出典
27	20	30	2	15	67.0	マイクロ水力発電導入ガイドブック(NEDO)
32		79.3		15	94.3	ハイドロバレー計画ガイドブック(経産省エネ庁)
30		33.8		15	48.8	小水力発電導入手引書(GIAC)
20		43.0		15	58.0	
61		67.0		15	82.0	

様々な工夫で、安価な建設の可能性を追求しましょう。

例えば、土木工事の事例

流量300ℓ/sec程度の水路に、バイパス水路を設置し、200ℓ/secを導水する1kWの発電施設の工事内容と費用の例

- 設備構成 : 角落とし取水施設、導水路(4m程度)、開放水車基礎(3m)、放水路(1m)
- 主工事内容: 掘削工、型枠工、コンクリート工など
- 工事費用 : 50万円(地元業者に依頼した場合)

■土木工事に対する工夫の例

- 農業用水路に平行した畦部を水路に
用地問題の軽減/県道・圃場整備にともなう地権者整理(郡上市に要請)
- バイパス水路設置
流量調整可能/容易な維持管理/簡便で、安価な工事/落差の確実な確保

検査・完成

- 工事完了後:性能試験を実施し、仕様を満たすか、必ず確認します。発電出力や制御機器の稼働の確認は不可欠ですが、流量・流速(水圧)に関わる取水工、水路などの土木設備の性能も十分に検査します。
- 要求仕様を見たさない場合、原因や瑕疵の有無を特定し、担保責任者等に改善を求めます。施工施設、設備、製品などに関しては、1年間程度の保証期間を設定したいものです。



運転へ

維持管理の内容と留意点

- ・保安規程や保安基準・手順に基づく定期巡視・点検とメンテナンスが重要です。
- ・ゴミ対策は，発電量にも影響するので，十二分の除塵対策を工夫する必要があります。
- ・**迅速性，経済性の観点から，地元の業者や技術者を活用し，製造メーカーにだけ頼らないような機器の修理体制を構築することが望まれます。**

●一般用電気工作物の場合は不要● その他の発電設備には必要

- ・**電気主任技術者**：発電機，変圧器，配電盤などの電気設備の点検を行います。保安協会や本名会社に委託することができます。
- ・**ダム水路主任技術者**：取水施設，水路，放流設備などの水力設備の点検をします。

■維持管理と定期点検の内容■

●維持管理

(1)巡視点検

- ・1回／1週程度の頻度で発電所、水路、取水ダムおよび鉄管の巡視を行います。
- ・発電所で潤滑油の補充、グリスアップ等の必要な措置を行う。
- ・点検日誌を作成します。(保安管理用)

(2)配電線巡視

- ・2回／年程度の頻度で配電線の巡視点検を行います。
- ・配電線への障害木接近状況を確認し、技術基準への抵触が予想される場合は伐採します。

(3)注意事項

- ・河川流量を有効に使用するために，取水口のスクリーンの清掃(ゴミ除け)をできるだけ行います。とくに，雪解け時および落葉時には，1日に数回スクリーン清掃を行う必要があります。

●定期点検

(1)通常点検

- ・水路を断水して発電所全般の点検・手入れを行います。
- ・電気事業法で規定されていないため，事業者が保安規定で決定します。
- ・小水力の場合，3～5年周期で実施するのが適当です。

(2)内部精密点検(水車・発電機を分解して点検を実施。)

- ・電気事業法で規定されていないため，事業者が保安規定で決定します。
- ・小水力の場合，15年～20年周期で問題ありません。

(3)点検、設備更新にあたっての請負業者選定の考え方

- ・水力発電技術は，既に確立した技術ですので，設備メーカーに頼るだけでなく，いろいろな業者を対象にしましょう。設備設置メーカーは，他のメーカー品を使用すると保証問題を持ち出しますが，水力発電所のような単純な設備は多くのメーカーが対応できますので，大きな問題となることはあまり多くはありません。

許認可がいない場合は、不要です。

■運転開始後に必要な申請・届出等および法的義務

(1)電気事業法

運転開始後は法令・届出に該当する事項はありません。(30,000kW以下の発電所に限る)

(2)河川法

①水利権更新手続き

水利権期限毎(10年または20年)に、当初申請とほぼ同様の調査、資料で手続きを行う必要があります。水利権期限の1ヶ月前が申請書提出期限であり、通常は2～3年前から準備を行う必要があります。場合によっては、地元との協議が整わない場合もありますが、1ヶ月前までに申請書を提出しておけば水利権期限までに水利権が認められなくても、流水の継続使用は可能です。

②10年毎の報告

水利権期限が20年の場合は、10年目に河川流量、法令遵守状況等の調査資料を提出しなければなりません。

③河川内工事

設備の修繕、更新および新設備設置のため河川内で工事を行う場合は、河川法26条の申請が必要です。工事内容によっては申請が不要な場合もありますので、事前に河川管理者に相談することをお勧めします。新設備が、たとえ電灯や監視カメラのような軽微なものであっても申請が必要になりますので、漏れがないように注意しましょう。

④水路構築物の工事

水利権を取得すると、水利使用規則を制定しなければなりません。この規則により、水路を形成する設備の工事を行う場合は河川管理者への申請が必要となります。工事内容によっては、申請が不要な場合もありますので、事前に河川管理者に相談するとよいでしょう。水路を形成するものとしては、導水路や水圧鉄管は当然含まれますが、水車も水路を形成する設備とみなされます。

⑤使用水量の報告

水利使用規則で使用水量の提出が規定された場合は、毎日の平均使用水量を1年単位で河川管理者に報告する義務があります。使用水量は、流量計等で直接測定する方法もありますが、一般的には河川管理者も正規の測定方法として認めている1時間の発電電力量から逆算する方法で見積もります。電力量からの逆算により流量計等の設備を省略できコストダウンが図れます。

(3)法的義務

水車で使用する水量が、河川法で認められた取水量を超過することは、特別な理由がない限り一瞬でも認められません。

発電所は、技術的な点検・維持管理や発電・給電管理だけでなく、収支・償還計画に基づいて、責任や役割を明確にして経営されなければなりません。たとえば、次のような式によって求められる発電原価をベースに、キャッシュフローを明確にした経営が望まれます。

$$\text{発電原価 (円/kWh)} = \frac{\text{設置コスト} \times \text{年経費率} + \text{年間運転経費}}{\text{年間発電電力量 (kWh)}}$$

年経費率 = $r / (1 - (1 + r)^{-n})$ r : 利率 n : 運転年数

年間運転経費 : 税・保険(固定資産税、保険料等)、メンテ費(定期点検費、運転員人件費、委託費等)

資料

- 用語解説
- 要検討法規制
- 参考資料

□□□□ 用語解説 □□□□□

■ 運転形態

- ・独立運転(自立運転) 発電機を電力会社の配電線または送電線に接続せずに運転することをいう。同期発電機の場合のみ可能な運転形態である。
- ・連系運転 発電機を電力会社の配電線または送電線に接続して運転することをいう。独立運転と異なり誘導発電機でも可能であるが、電力会社との接続には設備要件があるので注意を要する。

■ 発電機設備

- ・総落差 水圧鉄管または水路に取水する取水口の水位と放水口の差をいう。
- ・損失落差 水圧鉄管または水路に流水が流れることによる損失(流速の2乗に比例する)、配管の屈曲や水車流入部・流出部におけるエネルギーの損失。
- ・有効落差 総落差から損失落差を差し引いた落差をいう。
- ・理論出力 水車に作用する有効落差を $H(m)$ 、水車の流量を $Q(m^3/t)$ とすれば、理論出力 $P(kW)$ は、 $P=9.8 \times QH(kW)$ で表される。
- ・発電機出力 発電機出力 $P_G(kW)$ は、水車の効率を η_T 、発電機効率を η_G とすれば、 $P_G=P \times \eta_T \times \eta_G(kW)$ で表される。両者を合わせて総合効率という。
- ・调速装置(ガバナ) 水車発電機の運転中に負荷が変動すれば水車の回転速度も変動する。(負荷が小さくなれば速度が上昇し、逆に負荷が大きくなれば速度は増加する。)このような負荷の増減時に、自動的に水車で使用する水量を調整して水車の回転速度を一定に保つ装置をいう。
- ・励磁装置(AVR) 発電機負荷の変動により発電機出力電圧も変動する。電圧の変動に対して自動的に発電機出力を一定に保つ装置をいう。
- ・除塵機 取水口またはヘッドタンクに設置されたスクリーンに詰まり流水を妨げる木片、ゴミ、落葉等を自動的に除去する装置をいう。
- ・ヘッドタンク 無圧式の導水路の末端と水圧管の間に位置する。発電所の出力変動に伴う水の過不足を一時的に調整し、流水中の土砂を沈殿させ、格子を設けてじんかい、落葉などを取り除く目的がある。
- ・サージタンク ヘッドタンクまでの導水路が圧力トンネルで長さが長い場合にヘッドタンクの代わりに設置される。水車の使用水量が急変したときに発生する水圧変化を吸収して水路および圧力トンネルを守る役目がある。
- ・水圧管 ヘッドタンクまたは圧力式水路の末端から水車に圧力水を送水するために設けられる。通常は鉄製であるが、小水力では塩ビ管等も用いられる。
- ・導水路 取水口から水槽までの水路をいう。
- ・放水路 水車から出てくる水を河川に放流するための水路をいう。
- ・単線結線図 発電機から送電回路および発電所の所内電気回路を表す図面であり、通常は3相ある電気回路を1本の線で簡潔に表した図面である。

■ 発電機運転

・調速制御

発電機負荷の増減に合わせて自動的に発電機出力を調整する制御をいう。小水力を独立運転する場合は、必ず調速制御とする必要がある。

・応水水調制御

ヘッドタンクの水位(水車に流れ込む流量)に応じて発電機出力を調整し、ヘッドタンク水位を一定に保つ制御方式をいう。

・励磁制御

発電機の出力電圧を一定に保つ運転制御で、力率一定運転と無効電力一定運転がある。

・同期制御

発電機を電力会社の配電線または送電線に接続するため、水車回転速度を規定の回転速度に調整するとともに、発電機電圧と電力会社の電圧の間の位相差を自動的に調整する制御をいう。

■ 河川

・1級河川

国土保全上又は国民経済上特に重要な水系で国土交通大臣が指定した河川をいう。

・2級河川

1級河川水系以外の水系のうち公共の利害に重要な関係がある河川で都道府県知事が指定したもの。

・準用河川

1級・2級河川以外の河川で市町村長が指定し2級河川と同等の河川法を準用するもの。

・普通河川

1級・2級・準用河川以外の河川をいう。

・流況曲線

河川流量(1日平均)を縦軸、1年の日数を横軸とし、河川流量の大きなものから小さなものに順に並べたものをいう。

・維持流量

河川環境維持および魚などの成育のため、発電所の取りいれから下流に流す水をいう。維持流量の要否および流量については一定のルールがあり、水利権の申請時に監督官庁および地元関係者と協議して決定される。

■ 法令・届出

・水利権

水力発電所で使用できる流水の権利をいう。水力発電所で使用する水は特定水利と位置づけられており、必ず監督官庁への許可申請が必要である。

・河川占有許可

発電所設備を河川区域に建設する場合に行う許可申請である。河川区域については、実際の河川の形状と異なる場合があるので、監督官庁に確認する必要がある。また、手摺などの簡易な設備についても申請の対象となるから注意を要する。

・工事計画届け

10kW以上の水力発電所を建設する場合に必要な電気事業法上の手続きであり、地元を管轄する原子力安全保安院電力安全課が提出先となる。

■ 環境価値

・RPS法

2002年に「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RPS法)」は策定され、翌2003年から施行された。この法律によって作られた制度は、通称RPS制度と呼ばれ、電力会社に一定割合で太陽光、風力、小水力およびバイオマスなどの再生可能エネルギーの導入を義務づける制度である。

・グリーン電力

自然エネルギー(風力、太陽光、バイオマス、マイクロ水力、地熱など)から生まれた電力に対しては、環境負荷を与えない(=グリーンである)ということの評価することができるため、自然エネルギーで発電された電気をグリーン電力とよぶ。また、グリーン電力のもつ環境価値のみを証書化したものをグリーン電力証書という。

□□□□ 要検討法規制 □□□□□

- 河川法(国土交通省河川事務所)
- 電気事業法(経済産業省産業保安監督部)
- 土地収用法
- 自然公園法(国立・国定公園:環境省地方環境事務所, 都道府県立自然公園:都道府県環境担当部局)
- 自然環境保全法(環境省地方環境事務所)
- 鳥獣保護および狩猟に関する法律
- 文化財保護法
- 農地法(都道府県農業委員会)
- 土地改良法(農林水産省地方農政局, 都道府県農政担当部局)
- 農業振興地域の整備に関する法律(農林水産省地方農政局, 都道府県農政担当部局)
- 森林法(林野庁森林管理署, 都道府県林野担当部局)
- 国有林野法(林野庁森林管理署)
- 水産資源保護法
- 国土利用計画法
- 発電用施設周辺地域整備法
- 国有財産法
- 建築基準法
- 砂防法(国土交通省砂防工事事務所)
- 地すべり等防止法
- 採石法
- 消防法
- 道路法
- 道路交通法

□□□□ 参考資料 □□□□□

■ 発電用語集

群馬県企業局 http://www.pref.gunma.jp/j/05/new_page_22.htm

■ マニュアル等の入手先

- ・「マイクロ水力発電導入ガイドブック」, NEDO
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/sounyuu/micro.pdf>
- ・「簡易発電システム設計マニュアル」(H18年度水力資源有効活用技術開発調査報告書－総括版), NEF
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/pamphlet/h18suiryokushigenn.pdf>
- ・「小水力発電導入手引書」, GIAC
http://www.giac.or.jp/projects/report_pdf/2006_LG00547.pdf
- ・「小水力発電事業化へのQ&A(改訂版)」, (社)農業土木機械化協会
<http://www.jacem.or.jp/syuppan.htm>

■ 参考文献

● 河川法・水利権関係

- ・「河川法解説」, 河川法研究会編著, 大成出版社
- ・「新訂 水利権実務一問一答」, 水利権実務研究会編著, 大成出版社
- ・「水利権実務ハンドブック」, 国土交通省河川局水利調整室監修, 大成出版社

● 電気事業法関係

- ・「自家用電気工作物必携Ⅰ－法規手続編」, 関東東北産保監督部監修, 文一総合出版

● 全般

- ・「小水力エネルギー読本」, オーム社
- ・「これからやりたい人の小型水力発電入門」, パワー社

発行: 2009年11月
独立行政法人科学技術振興機構(JST)
社会技術研究開発センター
E-mail: r-env2@ristex.jp
〒102-0076
東京都千代田区五番町7番地 K's五番町9階
TEL: 03-5214-0132 FAX: 03-5214-0140
<http://www.ristex.jp>